

УДК 634.731 (471.342)
doi: 10.17223/19988591/53/4

Н.Ю. Егорова, Т.Л. Егошина, А.В. Ярославцев

*Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства
и звероводства имени профессора Б.М. Житкова, г. Киров, Россия*

***Vaccinium myrtillus* L. в Кировской области (южно-таежная подзона): фитоценотическая приуроченность, экологические предпочтения**

*Показаны эколого-фитоценотические особенности *Vaccinium myrtillus* L. в условиях южно-таежного фрагмента ареала. Приведена эдафическая характеристика основных местообитаний вида: тип почвы, кислотность, содержание органического вещества. Определен диапазон экологического ареала вида. Установлено, что по климатическим шкалам экологические условия изученных местообитаний занимают центральное положение от потенциально возможных. Тогда как, по некоторым почвенным шкалам (шкалы увлажнения почв и переменности увлажнения), диапазон эдафических условий исследованных ценопопуляций шире, по сравнению со шкалами Д.Н. Цыганова. На основе данных фитоиндикации, в соответствии со значением индекса дискомфорта, выявлено, что наиболее благоприятные условия эдафо- и климатотона для *V. myrtillus* складываются в сфагновых типах фитоценозов. Исследование гегемонности показало, что вид обладает невысокой устойчивостью к антропогенному воздействию, может выдерживать умеренную интенсивность антропогенного прессинга.*

Ключевые слова: черника обыкновенная; ценопопуляция; экологическая валентность; фитоиндикация; индекс дискомфорта; гегемонность.

Для цитирования: Егорова Н.Ю., Егошина Т.Л., Ярославцев А.В. *Vaccinium myrtillus* L. в Кировской области (южно-таежная подзона): фитоценотическая приуроченность, экологические предпочтения // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. № 53. С. 68–88. doi: 10.17223/19988591/53/4

Введение

Vaccinium myrtillus L. – черника обыкновенная – кустарничек семейства *Ericaceae*, бореальный циркумполярный вид, ареал которого охватывает Европу и значительную часть Азии [1, 2], в России – почти всю европейскую часть, Кавказ, Западную Сибирь, значительную часть Восточной Сибири и Дальнего Востока [3]. *V. myrtillus* является субдоминантом и доминантом лесных сообществ, в которых выполняет важнейшие экологические функции, образует различные консортивные связи. Будучи микоризообразовате-

лем, улучшает условия питания и стимулирует рост растений всех ярусов, обеспечивая внутри- и межвидовые связи растений различных ярусов лесных фитоценозов [4–6]. Показано, что с *V. myrtillus* связано более 190 видов насекомых [7]. Плодами и побегами *V. myrtillus* регулярно питается более 30 видов птиц, многие млекопитающие, такие как лось, благородные олени, бурый медведь и др. [8–10].

V. myrtillus – лекарственное растение, её побеги и плоды используются в медицине [11–13]. Ягоды черники – востребованный пищевой продукт. Ценность плодов определяется комплексом нутриентов и биологически активных веществ, состав которых, зависимость накопления от экологических условий местообитания в настоящее время активно изучается [14–20].

Среднегодовалый биологический запас плодов *V. myrtillus* в России составляет 1 697,3 тыс. т [21, 22], в Кировской области – 13,0 тыс. т [23]. Повсеместное сокращение величины ягодоносной площади, среднегодового биологического запаса и продуктивности *V. myrtillus* под влиянием антропогенных факторов [23–25] приводит к пониманию необходимости разработки методов устойчивого использования ресурсов, в основе которых лежат знания экологии вида, в настоящее время являющиеся фрагментарными [26–31].

Цель работы – выявление фитоценологических параметров и экологических условий местообитаний *V. myrtillus* в пределах южно-таежного фрагмента ареала.

Материалы и методики исследования

Исследования проведены в 2009–2015 гг. в наиболее свойственных для вида лесных фитоценозах южно-таежной подзоны в пределах Слободского района Кировской области (табл. 1).

Описания исследованных растительных сообществ, в которых *V. myrtillus* является доминантом или субдоминантом, выполнены согласно общепринятым геоботаническим методам [32]. Названия видов приведены в соответствии с базой данных The Plant List [33].

Оценка экологических условий местообитаний проведена по составу видов в сообществах с использованием метода средневзвешенной середины интервала по десяти амплитудным шкалам Д.Н. Цыганова [34]. При обработке геоботанических описаний по экологическим шкалам использована программа EcoScaleWin [35].

Для выявления количественной оценки использования каждого фактора исследуемым видом рассчитана экологическая валентность (PEV) как мера приспособленности CP к изменению одного экологического фактора. Величина PEV равна доле диапазона ступеней вида от всей шкалы. Реализованная экологическая валентность (REV) определена как доля суммы ступеней занимаемых CP вида по шкале фактора от числа ступеней шкалы.

Таблица 1 [Table 1]
Ценопическая характеристика ценопопуляций (СР) *Vaccinium myrtillus* L. в Кировской области
 [Coenotic characteristics of the investigated *Vaccinium myrtillus* L. coenopopulations (СР) in Kirov region]

| №СР | Тип местообитания, состав древостоя, возраст древостоя, гт. [Habitat type, tree stand composition, tree stand age, years] | Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса / <i>V. myrtillus</i> [Cover of the herbaceous-shrub layer / <i>V. myrtillus</i>], % | Основные виды травяно-кустарничкового яруса [Dominating species of the herbaceous-shrub layer] | Тип почв [Soil type] |
|-----|--|---|--|--|
| 1 | Елово-лихтовоый с примесью березы чернично-долгомошно-сфагновый лес [Bilberry-sphagnum spruce-abies forest with birch] 7P12AsBp, 60–80 | 50/35 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Linnea borealis</i> , <i>Melampyrum sylvaticum</i> | Подзолистая глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях [Podzolic gley sabulous soil on glacial deposits] |
| 2 | Ельник с примесью березы чернично-сфагновый [Bilberry-sphagnum spruce forest with birch] 7P13Bp, 100–120 | 60/50 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Dryopteris austriaca</i> , <i>Triantalis europaica</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Linnea borealis</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> | Торфянисто-глебовая песчаная на водно-ледниковых отложениях [Peat-gley sandy soil on glacial deposits] |
| 3 | Березняк чернично-сфагновый [Bilberry-sphagnum birch forest] 10Bp, 30–50 | 35/30 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Juncus filiformis</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Triantalis europaica</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> | Торфянисто-глебовая супесчаная [Peat-gley sabulous soil] |
| 4 | Березово-еловый чернично-сфагновый лес [Bilberry-sphagnum birch-spruce forest] 5P15Bp | 35/30 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Thelypteris palustris</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Carex pallescens</i> , <i>Triantalis europaica</i> | Торфянисто-глебовая супесчаная на водно-ледниковых отложениях [Peat-gley sabulous soil on glacial deposits] |
| 5 | Ельник черничный [Bilberry spruce forest] 6P12As2Bp, 100–120 | 75/60 | <i>V. myrtillus</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Melampyrum sylvaticum</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Poa nemoralis</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Gymnocarpium dryopteris</i> , <i>Veronica chamaedrys</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Orchilla secunda</i> | Подзолистая глееватая супесчаная на моренных отложениях [Podzol gley sabulous soil on morainic debris] |

| | | | | |
|----|---|-------|---|---|
| 6 | Сосняк пушицево-чернично-сфагновый [Cotton-grass bilberry-sphagnum pine forest] 10Ps+Вр, 70-90 | 50/30 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>V. oxycoccus</i> | Торфяная олиготрофная типичная [Peat oligotrophic typical soil] |
| 7 | Сосняк чернично-сфагновый [Bilberry-sphagnum pine forest] 10Ps, 80-100 | 65/45 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Melampyrum sylvaticum</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Vaccinium oxycoccus</i> | Торфяная олиготрофная типичная [Peat oligotrophic typical soil] |
| 8 | Сосняк черничный [Bilberry pine forest] 7Ps3Pf+Вр, 100-110 | 70/50 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Tridentalis eurograea</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>P. minor</i> , <i>Veronica officinalis</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Milium effusum</i> | Подзолистая, песчаная на водно-ледниковых отложениях [Podzol sandy soil on water-glacial deposits] |
| 9 | Сосново-еловый чернично-зеленомошный лес [Bilberry-green moss pine-spruce forest] 5Ps5EPf+Вр, 100-120 | 85/60 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Melampyrum pratense</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Chimaphila umbellata</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Milium effusum</i> , <i>Poa nemoralis</i> , <i>Hieracium umbellatum</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Fragaria vesca</i> | Подзолистая глееватая супесчаная на водно-ледниковых отложениях [Podzol gley sabulous soil on glacial deposits] |
| 10 | Березово-еловый черничный лес [Bilberry birch-spruce forest] 5Pf5Вр, 100-120 | 90/70 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Maianthemum bifolium</i> , <i>Oxalis acetosella</i> | Подзолистая иллювиально-железистая супесчаная на водно-ледниковых отложениях [Podzol ferruginous illuvial sabulous soil on water-glacial deposits] |
| 11 | Сосняк с примесью пихты черничный [Bilberry pine forest with abies] 8Ps2As+Вр, 90-100 | 70/60 | <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Linnea borealis</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Carex caryophylllea</i> , <i>Veronica chamaedrys</i> | Дерново-подзолистая супесчаная на водно-ледниковых отложениях, подстилаемая суглинками [Sod-podzol sabulous soil on water-glacial deposits underlined with clay] |

Примечание [Note]. Состав [Stand composition]: Pf – *Picea* × *fennica*, P. *abies*, P. *obovata*, P. *ps* – *Pinus sylvestris*, Вр – *Betula pendula*, B. *pubescens*, As – *Abies sibirica*. Номера ценопопуляций (No CP) в таблице соответствуют номерам в табл. 3 и в тексте [CP numbers correspond to those in Table 3 and in the text].

Для характеристики отношения вида к совокупному действию нескольких факторов вычислен индекс толерантности (I_t) или мера стено-эврибионтности как доля суммы PEV по исследуемым факторам к числу шкал рассматриваемых факторов. Эффективность освоения экологического пространства вида конкретными CP оценена при помощи коэффициента экологической эффективности (Кес. eff.), который представляет соотношение REV/PEV , выраженное в процентах [36].

Для всех местообитаний вида определено значение индекса экологического дискомфорта – D [37]. Он рассчитан на основе экологических шкал и результатов фитоиндикации как отношение разницы значений экологического фактора в данном сообществе и оптимального значения фактора для *V. myrtillus* в экологических шкалах к количеству учитываемых экологических факторов. Чем выше значение этого показателя, тем условия местообитания меньше соответствуют потребностям вида.

Гемеробность *V. myrtillus* определена по составу видов в растительных сообществах, в которых каждый вид имеет индивидуальный спектр толерантности к антропогенным факторам [38]. Растения являются чувствительными компонентами экосистем, чутко реагируют на изменение интенсивности абиотических и биотических, а также антропогенных факторов среды. Чем сильнее антропогенное влияние, тем больше изменяется структура сообщества, комбинация видов в сравнении с потенциально естественной растительностью, уменьшается стабильность системы – возрастает гемеробия [39]. Для оценки устойчивости сообществ с *V. myrtillus* к антропогенным воздействиям определяли долю антропотолерантных видов (b-c-p-t отрезок спектра гемеробии – от видов интенсивно используемых сообществ до видов полностью нарушенных экосистем) в растительных сообществах – показатель апофитизма [40]. Увеличение доли антропотолерантных видов в растительных сообществах свидетельствует об их большей нарушенности или большей устойчивости к этим воздействиям, а уменьшение – о меньшей нарушенности и большей уязвимости [41].

В работе использованы общепринятые методы отбора почвенных образцов и анализа почвенных проб на содержание органического углерода (%), а также кислотности [42]. Запасы органического углерода и pH солевой вытяжки почвы оценивали раздельно для слоя подстилки (0–5 см) и нижележащего слоя почвы (5–15 см). Согласно рекомендациям [43] подстилкой считается поверхностный горизонт минеральных почв, состоящий из органического материала, мощность которого не превышает 10 см. В органогенных почвах в качестве подстилки принят очес мхов.

Статистическая обработка полученных данных и построение графиков выполнены в программе StatSoft STATISTICA for Windows 6.0. Данные в работе представлены в виде средней арифметической величины со стандартным отклонением ($M \pm SD$).

Результаты исследования и обсуждение

Известно, что ценопопуляции *V. myrtillus* приурочены к бореальным хвойным и смешанным лесным сообществам мезофильного и заболоченного типов. *V. myrtillus* является доминантом или субдоминантом травяно-кустарничкового яруса преимущественно средневозрастных, спелых, припевающих низко- и среднеполнотных хвойных и лиственных типов леса.

В результате исследования установлено, что типичными для произрастания *V. myrtillus* в южнотаежной подзоне являются ельник черничный и березово-еловый черничный лес с преобладанием *Picea × fennica* в первом ярусе древостоя.

Древостой фитоценозов в основном представлен *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Pinus sylvestris*, *Picea × fennica*. В древостое ельников (*Picea abies*, *P. obovata*, *P. × fennica*) значительна (до 20–30%) примесь *Abies sibirica*. Возраст древостоя в сообществах с *V. myrtillus* варьирует от 55 до 110 лет, высота – от 17 до 28 м, сомкнутость крон – от 0,4 до 0,75.

Подрост формируют *Picea × fennica*, *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Abies sibirica*. В подлеске преобладают *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus*, *Juniperus communis*; всего отмечено 7 видов. В травяно-кустарничковом ярусе черничных фитоценозов описано от 11 до 22 видов растений; проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 35 до 90%. Проективное покрытие *V. myrtillus* изменяется от 30% в березняке чернично-сфагновом до 70% в березово-еловом черничном лесу.

V. myrtillus является доминантом травяно-кустарничкового яруса изученных фитоценозов, в большинстве которых *V. myrtillus* сопутствуют следующие виды: *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus saxatilis*, *Juncus filiformis*, *Thelypteris palustris*, *Melampyrum sylvaticum*, *Maianthemum bifolium*. В мезофильных типах леса сплошной покров образуют зеленые мхи *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, в заболоченных мохово-лишайниковый ярус в основном формируют виды р. *Sphagnum*.

В условиях южно-таежного фрагмента своего ареала *V. myrtillus* произрастает на подзолистых глеевых и глееватых почвах, преимущественно супесчаных, реже песчаных, так же вид встречается на торфянисто-глеевых и дерново-подзолистых почвах (табл. 1).

По результатам анализа почв установлено, что *V. myrtillus* растет преимущественно на сильнокислых почвах. Кислотность солевой вытяжки лесной подстилки на глубине 0–5 см составляет от 2,5 до 4,9 ед. pH (рис. 1, а). В слое 5–15 см подзолистая глеевая супесчаная на водно-ледниковых отложениях почва (СР 1) имеет очень сильнокислую реакцию почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 2,8$), менее кислая реакция среды ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 4,2$) характерна для дерново-подзолистой супесчаной почвы на водно-ледниковых отложениях, подстилаемой суглинками (СР 11). В остальных характерных местообита-

ниях (СР 2–10) исследуемого вида данный показатель варьирует от 3,1 до 3,8 ед. рН.

Содержание органического углерода в подстилке черничных типов леса может также значительно варьировать от 5,71 до 69,2% (рис. 1, *b*). На болотных почвах корневая система *V. myrtillus* размещается в органогенном горизонте, органическая масса которого находится в различной степени разложения и не смешана с минеральной частью. Для этих почв (СР 4, 6, 7) свойственно наиболее высокое содержание органического углерода в лесной подстилке – от 36,6 до 69,2%. Не одинаково его содержание в минеральном горизонте разных типов почв, где оно изменяется от 0,2 до 40,2%. Близкие эдафические предпочтения вида отмечали и исследователи Северной и Центральной Европы [30, 31].

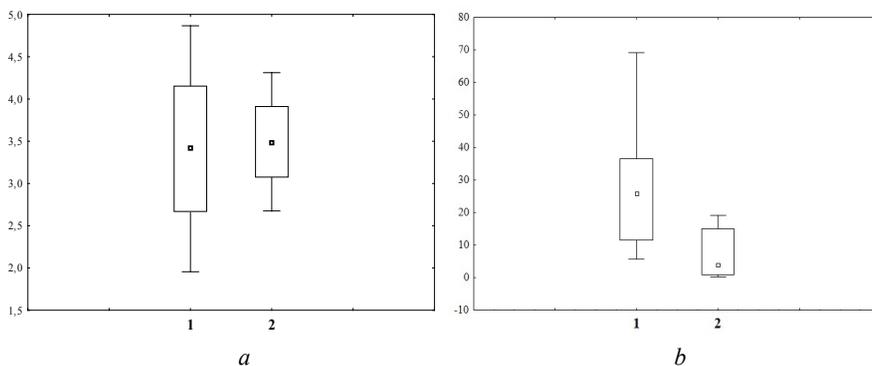


Рис. 1. Химические показатели лесной подстилки и нижележащего почвенного горизонта в местообитаниях *Vaccinium myrtillus* L.: *a* – уровень pH_{KCl} в лесной подстилке (1) и нижележащем горизонте (2); *b* – уровень органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) в лесной подстилке (1) и нижележащем горизонте (2), %
[Fig. 1. Chemical parameters of forest litter and underlying bed in *Vaccinium myrtillus* L. habitats: *a* - pH_{KCl} level of forest litter (1) and underlying bed (2);
b - Organic carbon (C_{org}) level of forest litter (1) and underlying bed (2), %
 □ Mean □ Mean±SD ⊥ Mean±1,96*SD

В результате фитоиндикации исследуемых местообитаний *V. myrtillus* получены экологические характеристики вида в пределах рассматриваемого фрагмента ареала (табл. 2, рис. 2).

Исследованные СР отмечены в интервале между бореальными (6,6) и суббореальными (8,0) термоклиматическими показателями, что соответствует исследуемому участку ареала вида.

По шкале континентальности климата (Кн) исследуемые местообитания вида находятся в субматериковой и материковой климатических зонах (8–9).

По омброклиматической (Om) шкале, показывающей соотношение осадков и испарения, СР разместились в условиях от субгумидного до гумидного климата (8,6–11,2). По криоклиматической шкале (Cr) вид произрастает в условиях суровых и умеренных зим (5,5–6,8).

Таблица 2 [Table 2]

Экологические характеристики ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* L. в Кировской области по шкалам Д.Н. Цыганова [34]
[Ecological indices in the studied habitats of *Vaccinium myrtillus* L. in Kirov region according to Dmitry Cyganov scales [34]

| Экологические шкалы [Ecological scales] | | Экологическая позиция вида по шкале фактора [Environmental position of the species on the factor scale] | PEV | Реализованная экологическая позиция изученных СР [Implemented environmental position of the studied CP] | REV | Кес. eff., % |
|---|----|--|------|--|------|--------------|
| Климатические шкалы [Climate scales] | Tm | 2–9 | 0,47 | 6,64–8,05 | 0,08 | 17,75 |
| | Kn | 3–15 | 0,87 | 7,95–9,00 | 0,07 | 8,15 |
| | Om | 7–12 | 0,40 | 8,58–11,24 | 0,18 | 44,50 |
| | Cr | 2–10 | 0,60 | 5,45–6,80 | 0,09 | 15,11 |
| Почвенные шкалы [Soil scales] | Hd | 10–19 | 0,43 | 8,73–13,73 | 0,22 | 50,10 |
| | Tr | 1–7 | 0,37 | 4,18–5,21 | 0,05 | 14,86 |
| | Nt | 1–7 | 0,64 | 3,83–4,97 | 0,10 | 16,43 |
| | Rc | 1–6 | 0,46 | 4,65–5,75 | 0,09 | 18,50 |
| | fH | 1–4 | 0,36 | 2,86–4,80 | 0,18 | 48,75 |
| Шкала освещенности-затенения [Light-shading scale] | Lc | 2–9 | 0,89 | 3,91–5,39 | 0,17 | 18,63 |

Примечание. PEV – потенциальная экологическая валентность; REV – реализованная экологическая валентность; Кес. eff. – коэффициент эффективности, %; Tm – термоклиматическая шкала, Kn – шкала континентальности климата, Om – омброклиматическая шкала аридности-гумидности, Cr – криоклиматическая шкала, Hd – шкала увлажнения почвы, Tr – шкала солевого режима почв, Nt – шкала богатства почв азотом, Rc – шкала кислотности почв, fH – шкала переменности увлажнения, Lc – шкала освещенности-затенения.

[Note. PEV - Potential environmental valence; REV - Implemented ecological valence; Кес. eff. - Ecological performance coefficient, %; Tm - Thermo-climatic scale, Kn - Climate continentality scale, Om - Ombroclimatic aridity-humidity scale, Cr - Cryoclimatic scale, Hd - Soil humidity scale, Tr - Soil salt regime scale, Nt - Soil nitrogen abundance scale, Rc - Soil acidity scale, fH - Water variability scale, Lc - Light-shading scale].

Анализ потенциальной экологической валентности (PEV) вида в системе экологических шкал Д.Н. Цыганова [34] показал, что по климатическим факторам вид гемизврибионтен (балл 0,58). Коэффициент экологической эффективности изученных СР колеблется от 8,15 до 44,5%. Максимально реализует свои потенции *V. myrtillus* по омброклиматической шкале (44,5%). По всем климатическим шкалам экологические условия изученных местообитаний занимают центральное положение от потенциально возможных (рис. 2, а).

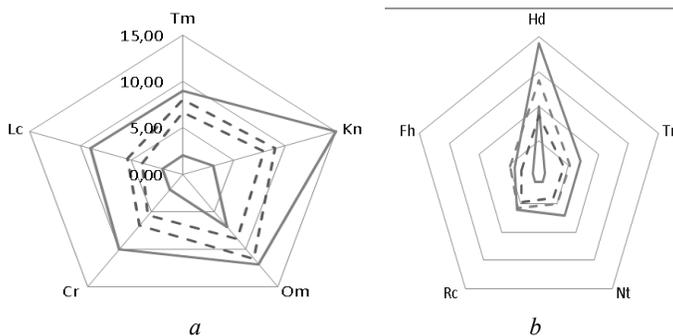


Рис. 2. Характеристика *Vaccinium myrtillus* L. по шкалам Д.Н. Цыганова: *a* – климатические шкалы и шкала освещенности-затенения; *b* – почвенные шкалы; ———— – диапазон потенциальной позиции вида; - - - - - – диапазон реализованной позиции вида

[Fig. 2. Characteristics of *Vaccinium myrtillus* L. by scales of Dmitry Tsyganov [34] (1983): *a* - Climate scales and light-shading scale; *b* - Soil scales; ———— Potential position of the species; - - - - - Actual position of the species]

По шкале увлажнения почв (Hd) изученные СР находятся в пограничных условиях увлажнения среднестепного и луговостепного (СР 8, 9) до влажно-лесолугового (остальные СР с баллами 12,1–13,7).

По фактору солевого режима почв (Tr) наблюдается достаточно узкий диапазон значений шкалы: от 4,2 до 5,2 балла, что соответствует бедным и небогатым почвам.

По шкале богатства почв азотом (Nt) вид в пределах рассматриваемого фрагмента ареала произрастает в условиях от очень бедных азотом почв (СР 6, 7; баллы 3,8–3,9) до бедных азотом почв (все остальные СР; баллы от 4,5 до 5,0).

Для *V. myrtillus* по шкале Rc (кислотности почв) характерен узкий диапазон значений (4,7–5,6) от сильнокислых до кислых почв. Следовательно, вид в пределах исследуемого фрагмента ареала адаптирован к весьма ограниченному диапазону значений шкалы. Индикаторные значения данного фактора подтверждают и полученные лабораторные данные по кислотности почв (рис. 1, *a*). По шкале переменности увлажнения (Fh) СР разместились в экологических условиях от относительно устойчивого (СР 6, 7; балл 2,9) до слабо переменного увлажнения (3,7–4,8).

В обобщенном спектре почвенных шкал вид выступает как мезобионт (It – 0,45) и, следовательно, имеет узкие диапазоны адаптации к почвенным факторам [44]. Коэффициент экологической эффективности изученных СР колеблется от 14,86 до 50,10%. Наибольший коэффициент экологической эффективности наблюдается по шкалам увлажнения и переменности увлажнения почв (рис. 2, *b*). Меньше всего реализует свои потенциалы *V. myrtillus* по шкалам кислотности и солевого режима почв.

Диапазон эдафических условий исследованных СР смещен в сторону более влажных местообитаний – на 1,27 ступени влево, а по шкале пере-

менности увлажнения на 0,80 ступени вправо. Значения шкалы кислотности почв расположены близ максимального предела. Это объясняется произрастанием вида в условиях зоны пессимума по данному фактору в пределах зоны толерантности, где условия не оптимальны, но достаточны для жизни растений этого вида. По остальным почвенным шкалам амплитуда экологического пространства исследованных СР *V. myrtillus*. в условиях южно-таежной подзоны не выходит за пределы диапазонов экологического ареала по шкалам Д.Н. Цыганова [34] (рис. 2, б). По данным, приводимым другими исследователями [28, 36], экологический ареал вида по всем 10 шкалам соответствует лимитам значений, определенным для *V. myrtillus* по шкалам Д.Н. Цыганова [34].

По шкале освещенности – затенения (Lc) СР обитают в условиях полуоткрытых пространств / светлых лесов (СР 6, 7; балл 3,9–4,1) и светлых лесов (все остальные СР; балл 4,6–5,4). По фактору освещенности вид эвривалентен (0,85).

Обобщенный индекс толерантности равен 0,55 (вид мезовалентен). Анализ РЕV в системе экологических шкал Д.Н. Цыганова [34] показал, что по отношению к факторам омброклиматической шкалы (РЕV = 0,40), шкал увлажнения почв (РЕV = 0,43), солевого режима почв (РЕV = 0,37) и переменности увлажнения (РЕV=0,36) *V. myrtillus* является гемистеновалентным видом, т.е. может выносить лишь ограниченные изменения данных факторов, близких к критическим. По факторам термоклиматической шкалы (РЕV = 0,47) и шкале кислотности почв (РЕV = 0,46) вид можно охарактеризовать как мезовалентный. По криоклиматической шкале (РЕV = 0,60) и шкале богатства почв азотом (РЕV = 0,64) вид является гемизэвривалентом. По шкале континентальности климата (РЕV = 0,87) и шкале освещенности-затенения (РЕV = 0,89) *V. myrtillus* выступает как мезовалент.

На основе данных фитоиндикации, в соответствии со значением индекса дискомфорта, изученные СР распределены следующим образом (по уменьшению значения индекса дискомфорта – в скобках): СР8 (1,76) – СР9 (1,65) – СР5 (1,21) – СР11 (1,16) – СР4 (1,11) – СР10 (1,07) – СР3 (1,01) – СР1 (0,98) – СР2 (0,76) – СР7 (0,70) – СР6 (0,69). В большей степени соответствуют оптимальным экологическим показателям условия для произрастания вида в сфагновых типах леса (СР 2, 6, 7). Наименее благоприятные условия для развития *V. myrtillus* складываются в СР 8 и 9, здесь отмечены наибольшие значения индекса дискомфорта 1,76 и 1,65 соответственно.

Для оценки антропоустойчивости *V. myrtillus* использован показатель гемеробии (табл. 3, рис. 3). Исследование гемеробности показало, что во всех рассматриваемых местообитаниях *V. myrtillus* преобладают в равных долях олиго-мезогемеробные виды – 41%, т.е. виды с высокой чувствительностью к антропогенным факторам. А-гемеробных видов не выявлено. Во всех исследованных сообществах с-, р- и t-гемеробные виды отсутствуют.

Таблица 3 [Table 3]

**Показатели гемеробии сообществ с *Vaccinium myrtillus* L.
[Hemeroby parameters of *Vaccinium myrtillus* L. communities]**

| No. CP | Всего видов [Number of species] | Критерии [Criteria] | Показатели степени гемеробии [Indicators of the degree of hemeroby] | | | | | | Доля антропо- фобных видов [Part of anthropophobic species], % | Доля антрополе- рантных видов [Part of anthropotolerant species], % | Индекс апотифности [Aporhyte Index] |
|--------|------------------------------------|------------------------|--|-------|-------|------|-----|-----|---|--|--|
| | | | a | o | m | b | c | p | | | |
| 1 | 12 | abs. | 0,0 | 11,0 | 11,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 78,6 | 21,4 | 27,2 |
| | | % | 0,0 | 91,7 | 91,7 | 50,0 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 2 | 9 | abs. | 0,0 | 9,0 | 9,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 81,8 | 18,2 | 22,2 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 100,0 | 44,4 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 3 | 12 | abs. | 0,0 | 11,0 | 10,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 91,3 | 8,7 | 9,5 |
| | | % | 0,0 | 91,7 | 83,3 | 16,7 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 4 | 9 | abs. | 0,0 | 8,0 | 9,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 89,5 | 10,5 | 11,7 |
| | | % | 0,0 | 88,9 | 100,0 | 22,2 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 5 | 14 | abs. | 0,0 | 13,0 | 14,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 81,8 | 18,2 | 22,2 |
| | | % | 0,0 | 92,9 | 100,0 | 42,9 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 6 | 8 | abs. | 0,0 | 8,0 | 7,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 88,2 | 11,8 | 13,4 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 100,0 | 25,0 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 7 | 7 | abs. | 0,0 | 7,0 | 6,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 86,7 | 13,3 | 15,3 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 85,7 | 28,6 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 8 | 19 | abs. | 0,0 | 19,0 | 19,0 | 6,0 | 0,0 | 0,0 | 86,4 | 13,6 | 15,7 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 100,0 | 31,6 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 9 | 19 | abs. | 0,0 | 19,0 | 19,0 | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 84,4 | 15,6 | 18,5 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 100,0 | 36,8 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 10 | 8 | abs. | 0,0 | 7,0 | 8,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 78,9 | 21,1 | 26,7 |
| | | % | 0,0 | 87,5 | 100,0 | 50,0 | 0,0 | 0,0 | | | |
| 11 | 16 | abs. | 0,0 | 16,0 | 16,0 | 7,0 | 0,0 | 0,0 | 82,1 | 17,9 | 21,9 |
| | | % | 0,0 | 100,0 | 100,0 | 43,8 | 0,0 | 0,0 | | | |

Примечание. abs. – абсолютное значение; % – относительное значение; а – агемеробные виды, не выносящие антропогенного влияния; о – олигогемеробные виды лесов, лугов, верховых болот и т.д., выносящие очень незначительное антропогенное влияние; m – мезогемеробные виды лесов, лугов, остепненных лугов и степей, испытывающих экстенсивное антропогенное влияние; b – эугемеробные виды лугов и лесов с интенсивным уходом, выносящие эвтрофикацию, известкование, незначительное нарушение грунта; c – эугемеробные виды удобряемых лугов, деградирующих лесов, полевые сорняки; p – полигемеробные виды, выращиваемые в культуре, и типичные рудеральные растения, выносящие сильные и частые нарушения местообитаний; t – метагемеробные виды полностью деградировавших экосистем и искусственных сообществ.

[*Note.* abs. - absolute number; % - ratio; a - Ahemerob, not tolerating human impact; o - Oligohemerobic species of forests, meadows, bogs, etc., tolerating insignificant human impact; m - Mesoherobic species of forests, meadows and steppe, experiencing extensive human impact; b - Euhemerobic species of meadows and forests under intensive management, tolerating eutrophication, liming soil disturbance, c - Euhemerobic species of fertilized meadows, degrading forests, field weeds; p - Polyherobic species of cultural habitats and typical ruderal plants, tolerating significant and frequent disturbances; t - Metahemerobic species of totally degraded habitats and artificial communities].

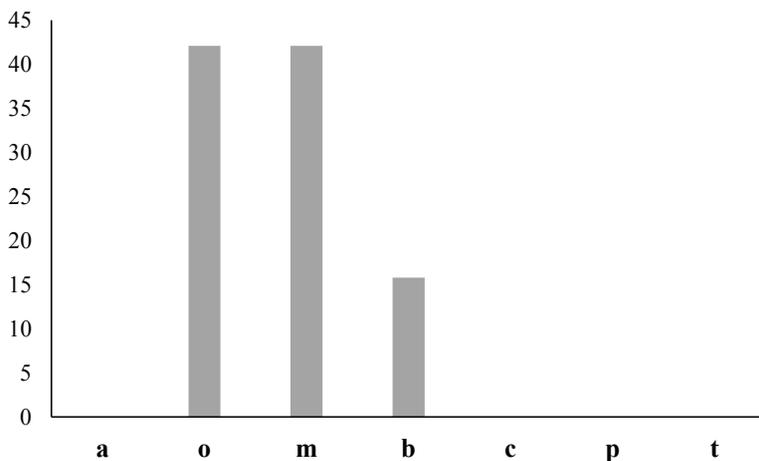


Рис. 3. Спектр гемеробии сообществ с *Vaccinium myrtillus* L.

По оси абсцисс – уровни гемеробии; по оси ординат – доля а–о–m–b–c–p–t – гемеробии, %

[Fig. 3. Hemeroby spectre of *Vaccinium myrtillus* L. communities

On the X axis - Levels of hemeroby; on the Y axis - Share of a-o-m-b-c-p-t-hemeroby, %]

В спектре гемеробии наблюдается преобладание о–m – отрезка (рис. 3). Это свидетельствует о том, что в сложении растительных сообществ с *V. myrtillus* участвуют преимущественно виды от не выносящих антропогенного воздействия до устойчивых к незначительным спорадическим влияниям.

В целом достаточно небольшой разброс и относительно высокие показатели антропофобных видов (64,2–91,3%) свидетельствуют о незначительных резервах устойчивости к антропогенным воздействиям и уязвимости вида. *V. myrtillus* выпадает из состава растительных сообществ при их лесохозяйственной трансформации. Доля антропотолерантных видов в сообществах с *V. myrtillus* не превышает 21,4%. Для всех сообществ с *V. myrtillus* индекс апофитности не превышает 30%. Низкой устойчивостью к антропогенному воздействию характеризуются и некоторые другие виды-доминанты травяно-кустарничкового яруса хвойных фитоценозов южной тайги [45, 46].

Заключение

В условиях южнотаежного фрагмента ареала *V. myrtillus* является доминантом или содоминантом травяно-кустарничкового яруса бореальных хвойных и смешанных лесных сообществ, приуроченных преимущественно к сильнокислым подзолистым глеевым и глееватым почвам. Эдафические условия *V. myrtillus* по шкале увлажнения почв соответствуют режимам от средне-степного и лугово-степного до влажно-лесолугового; по фактору солевого режима почв – бедным и небогатым почвам; богатства почв азотом – от очень бедных до бедных азотом почв; кислотности почв – от силь-

нокислых до кислых почв; переменности увлажнения – от относительно устойчивого до слабо переменного увлажнения. Наиболее благоприятные условия эдафо- и климатотопы для *V. myrtillus* складываются в сфагновых типах фитоценозов. Изученные растительные сообщества с *V. myrtillus* являются слабогеоморбиальными.

Литература

1. Ritchie J.C. Biological flora of the British Isles: *Vaccinium myrtillus* L. // Journal of ecology. 1956. Vol. 42, No. 1. PP. 291–299.
2. Hulten E., Fries M. Atlas of North European Vascular Plants, North of the Tropic of Cancer. Konigstein, 1986. Vol. 1–3. 1172 p.
3. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М. : ГУГК, 1976. 340 с.
4. Шабарова С.И. Ценоотические особенности черники и ее роль в повышении устойчивости сосняков Полесья УССР // Дикорастущие ягодные растения СССР : тез. докл. на Всесоюз. совещ. «Изучение, заготовка и охрана лесных дикорастущих ягодников». Петрозаводск, 1980. С. 155–156.
5. Шубин В.И. Макромицеты лесных фитоценозов таежной зоны и их использование. Л. : Наука, 1990. 197 с.
6. Mallik A.U., Pellissier F. Effects of *Vaccinium myrtillus* on spruce regeneration: testing the notion of coevolutionary significance of allelopathy // Journal of Chemical Ecology. 2000. Vol. 26. PP. 2197–2209.
7. Karczewski J. Znaszenie borowki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) dla entomocenozy lesnej // Folia forestalia Polonic. 1962. Ser. A, Z. 9. PP. 172–195.
8. Nestby R., Percival D., Martinussen I., Opstad N., Rohloff J. The European Blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the Potential for Cultivation. A Review // The European Journal of Plant Science and Biotechnology 5 (Special Issue 1). 2011. PP. 5–16.
9. Нечаев В.А., Нечаев А.А. Дикорастущие ягодные растения и птицы-карпофаги в таежной зоне юга Дальнего Востока России // Сибирский экологический журнал. 2012. No. 1. С. 97–106. doi: [10.1134/S1995425512010092](https://doi.org/10.1134/S1995425512010092)
10. Егошина Т.Л., Егорова Н.Ю., Лугинина Е.А., Оботнин С.И., Ярославцев А.В., Гудовских Ю.В., Кислицына А.В., Капустина Н.В., Сулейманова В.Н. Значение дикорастущих ягодников в питании охотничьих животных // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, No. 2-2. С. 255–260.
11. Государственная фармакопея СССР: Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / МЗ СССР. 11-е изд., доп. М. : Медицина, 1990. 400 с.
12. Государственный реестр лекарственных средств. Официальное издание по состоянию на 1 апреля 2009 года : в 2 т. М. : Медицинский совет, 2009. Т. 1. 1359 с.
13. European Pharmacopoeia. 6-th Ed. Rockville : United States Pharmacopoeial Convention. Inc., 2008. PP. 738–739.
14. Burdulis D., Ivanauskas L., Dirse V., Kazlauskas S., Razukas A. Study of diversity of anthocyanin composition in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruits // Meedicina (Kaunas). 2007. Vol. 43, No. 12. PP. 971–979.
15. Basu A., Rhone M., Lyons T.J. Berries: emerging impact on cardiovascular health // Nutrition Reviews. 2010. Vol. 14 (3). PP. 168–177. doi: [10.1111/j.1753-4887.2010.00273](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00273)
16. Рязанова Т.К., Куркин В.А. Новые подходы к комплексному использованию плодов и побегов черники обыкновенной // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, No 5(3). С. 754–757.
17. Habanova M., Haban M., Kobidova R., Schwarzova Gato J. Analysis of biologically active substances in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in selected natural localities of Slovak

- republic // Journal of Central European Agriculture. 2013. Vol. 68, No. 3. PP. 1210–1219. doi: [10.5513/JCEA01/14.3.1328](https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1328)
18. Kunz S. Uptake and bioavailability of antocyanins and phenolic acids from grape / blueberry juice and smoothie in vitro and in vivo // British Journal of Nutrition. 2015. Vol. 113, No. 7. PP. 1044–1055. doi: [10.1017/S0007114515000161](https://doi.org/10.1017/S0007114515000161)
 19. Rohloff J., Uleberg E., Nes A., Krogstad T., Nestby R., Martinussen I. Nutritional composition of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) of forest fields in Norway-Effects of geographic origin, fertilization and soil properties // Journal of Applied Botany and Food Quality. 2015. Vol. 88. PP. 274–287. doi: [10.5073/JABFQ.2015.088/040](https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088/040)
 20. Riihinen K., Jaakola L., Kärenlampi S., Hohtola A. Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and northblue blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*) // Food Chemistry. 2008. Vol. 110. PP. 156–160. doi: [10.1016/j.foodchem.2008.01.057](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.057)
 21. Егошина Т.Л. Недревесные растительные ресурсы и их значение для населения России // Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения: материалы Междунар. конф. (16–18 ноября 2004 г.). Киров, 2004. С. 14–16.
 22. Егошина Т.Л., Лугинина Е.А., Егорова Н.Ю., Гудовских Ю.В., Капустина Н.В., Кислицына А.В., Оботнин С.И. Динамика биологического запаса плодов черники в России в 2000–2015 гг. // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова (22–25 мая 2017 г.). Киров : ВНИИОЗ им. проф. Б.М. Житкова, 2017. С. 489–492.
 23. Егошина Т.Л., Колупаева К.Г., Раус Л.К. Анализ особенностей плодоношения и ресурсов *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) в Кировской области (1961–2004) // Растительные ресурсы. 2006. Т. 42, No. 1. С. 57–66.
 24. Мазная Е.А., Лянгузова И.В. Эколого-популяционный мониторинг ягодных кустарничков при аэротехногенном загрязнении. СПб. : ВВМ, 2010. 195 с.
 25. Петров Н.В. Сравнительная оценка запасов ягод *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea* (Ericaceae) в коренных и производных типах леса среднетаежных ландшафтов Карелии // Растительные ресурсы. 2019. Т. 55, No. 1. С. 23–35. doi: [10.1134/S0033994619010102](https://doi.org/10.1134/S0033994619010102)
 26. Баландина Т.П., Вахрамеева М.Г. Черника обыкновенная // Биологическая флора Московской области. М. : Изд-во МГУ, 1980. Вып. 5. С. 132–146.
 27. Timoshok E.E. The ecology of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in Western Siberia // Russian Journal of Ecology. 2000. Vol. 31, No. 1. PP. 8–13. doi: [10.1007/BF02799719](https://doi.org/10.1007/BF02799719)
 28. Полянская Т.А. Экологические особенности, онтогенетическая структура и продуктивность ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) в национальном парке «Марий Чодра» (Республика Марий Эл) // Растительные ресурсы. 2008. Т. 44, No. 2. С. 40–49.
 29. Егорова Н.Ю., Сулейманова В.Н., Егошина Т.Л. Экологические предпочтения некоторых доминантов травяно-кустарничкового яруса таежных фитоценозов // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (15–19 апреля 2017 г.). Киров : Радуга-ПРЕСС, 2017. С. 218–221.
 30. Coudun C., Gégout J.-C. Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors // Journal of Vegetation Science. 2007. Vol. 18. PP. 517–524.
 31. Nestby R., Hykkerud A.L., Martinussen I. Review of botanical characterization, growth preferences, climatic adaptation and human health effects of Ericaceae and Empetraceae wild dwarf shrub berries in boreal, alpine and arctic areas // Journal of Berry Research. 2019. Vol. 9. PP. 515–547. doi: [10.3233/JBR-190390](https://doi.org/10.3233/JBR-190390)

32. Методы изучения лесных сообществ / под ред. В.Т. Ярмишко, И.В. Лянгузовой. СПб. : НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
33. The Plant List (TPL). URL: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 15.06.2020)
34. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 198 с.
35. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin : учеб. пособие / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина, Ю.А. Дорогова. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.
36. Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В., Гаврилова М.Н., Полянская Т.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола : Марийск. гос. ун-т, 2010. 368 с.
37. Клименко Г.О. Особливості екологічних умов у місцезростаннях рідкісних видів рослин // Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження глобальної стратегії збереження рослин : II Міжнар. наук. конф., 9–12 жовтня 2012 р. (Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України) : матеріали конф. Умань, 2012. С. 107–110.
38. Frank D. Klotz S. Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. Halle ; Wittenberg : Martin-Luter-Universität, 1990. B. 32. 167 s.
39. Ишбирдина Л.М., Ишбирдин А.Р. Урбанизация как фактор антропогенной эволюции флоры и растительности // Журнал общей биологии. 1992. Т. 53, No. 2. С. 211–224.
40. Jakowiak В. Atlas roslin naczyniowych w Poznaniu. Poznan : Uniwersytet im. Adama Mickiewicza Publ., 1993. 409 p.
41. Ишмуратова М.М., Ишбирдин А.Р., Суюндуков И.В. Использование показателя гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей Южного Урала и устойчивости растительных сообществ // Биологический вестник. 2003. Т. 7, No. 1–2. С. 33–35.
42. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
43. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
44. Егорова Н.Ю. Особенности экологических предпочтений ягодных растений сем. Vacciniaceae Lindl. в лесных фитоценозах южной тайги // Бореальные леса: состояние, динамика, экосистемные услуги : тез. докл. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 60-летию Ин-та леса Карел. науч. центра РАН (Петрозаводск, 11–15 сентября 2017 года). Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2017. С. 102–104.
45. Чиркова Н.Ю. Оценка устойчивости сообществ с *Vaccinium vitis-idaea* L. к антропогенным факторам // Лесные биологически активные ресурсы : материалы третьей междунар. конф. (25–27 сентября 2007 г.). Хабаровск : ФГУ «ДальНИИЛХ», 2007. С. 116–118.
46. Сулейманова В.Н., Егорова Н.Ю. Пределы устойчивости к антропогенному воздействию видов эдификаторов травяно-кустарничкового яруса лесных экосистем // Устойчивое развитие территорий: теория и практика : материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. (24–26 мая 2018 г. г. Сибай). Сибай : Сибайский информационный центр – филиал ГУП РБ Издательский дом «Республика Башкортостан», 2018. С. 267–269.

Поступила в редакцию 26.03.2019 г.; повторно 27.01.2020 г.; 27.07.2020 г.;
принята 21.02.2021 г.; опубликована 31.03.2021 г.

Авторский коллектив:

Егорова Наталья Юрьевна, канд. биол. наук, с.н.с. отдела экологии и ресурсосведения растений, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова (Россия, 610000, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5891-4580>

E-mail: n_chirkova@mail.ru

Егошина Татьяна Леонидовна, д-р биол. наук, г.н.с. отдела экологии и ресурсосведения растений, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова (Россия, 610000, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79).

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4663-2332>

E-mail: etl@inbox.ru

Ярославцев Артем Вадимович, н.с. отдела экологии и ресурсосведения растений, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б.М. Житкова (Россия, 610000, г. Киров, ул. Преображенская, д. 79).

E-mail: mr.artemya@gmail.com

For citation: Egorova NYu, Egoshina TL, Yaroslavtsev AV. *Vaccinium myrtillus* L. in Kirov region (southern taiga subzone): phytocoenotic confinement and ecological preferences. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2021;53:68-88. doi: 10.17223/19988591/53/4 In Russian, English Summary

Natalya Yu. Egorova, Tatiana L. Egoshina, Artem V. Yaroslavtsev

Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russian Federation

***Vaccinium myrtillus* L. in Kirov region (southern taiga subzone):
phytocoenotic confinement and ecological preferences**

Vaccinium myrtillus L. is an important component for forming phyto-environment in boreal forest ecosystems, in which it develops various consortium connections. Being a mycorrhizal species, *V. myrtillus* improves nutrition and stimulates the growth of plants of all layers, supporting inter- and intra-specific connections of different layers of forest communities. In order to estimate the environment-forming role of *V. myrtillus* in ecosystems it is essential to acquire data on quantitative presence of the species in plant communities composition and on ecological-phytocoenotic peculiarities within its range. The aim of the study is to define phytocoenotic parameters and ecological conditions of *V. myrtillus* habitats within the southern taiga part of its range (Kirov region).

We collected the material during the growing seasons of 2009-2015 and made 110 geobotanical descriptions according to common geobotanical methods (Methods of studies..., 2002). Ecological conditions were estimated based on species compositions in communities using 10 ecological scales by Dmitry Tsyganov (1983). The ecological discomfort index was determined for each habitat (Klimenko, 2012). Common methods of soil analyses were used for different biotopes of the studied species (Arinushkina, 1962). Hemeroby was determined by the species composition in plant communities, in which every species has individual human impact tolerance spectre (Frank and Klotz, 1990).

V. myrtillus acts as a dominant or codominant of the herbaceous-shrub synfolium of boreal coniferous and mixed forest communities with 30-70% cover. It is accompanied by the following species: *Vaccinium vitis-idaea* L., *Rubus saxatilis* L., *Juncus filiformis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Thelypteris palustris* Schot,

Melampyrum sylvaticum L., and *Majanthemum bifolium* (L.) F. Schmidt. The species is found on gley and gleyic podzolic soils, mostly sabulous, rarely-sandy; and on peaty-gley and sod-podzolic soils (See Table 1). Bilberry is common on high acidity soils with pH varying from 2.54 to 4.93. The concentration of organic carbon in bilberry forest litter varies from 5.71 to 69.2% (See Fig. 1).

V. myrtillus is a mesobiont species whose average ecologic valency coefficient reaches 55%. In the investigated coenopopulations, the species achieves 8.15 to 50.10% of its potential capabilities regarding the studied factors. *V. myrtillus* is a hemieurybiont by climatic factors (0.58 points). It achieves its maximum on ombroclimatic scale (44.5%). According to climatic scales, ecological conditions of the studied habitats occupy the central position of all possible. The generalized spectrum of soil scales shows the species as a mesobiont (It–0.45). This allows widening *V. myrtillus* soil humidity scale 1.27 point left and soil moisture variability scale 0.80 points right. On other scales, the environmental position of the studied coenopopulations are within the data given by Dmitry Tsyganov for the species (See Table 2 and Fig. 2).

The discomfort index is also given to estimate habitat ecological conditions. Based on phytoindication data and according to the discomfort index, we defined that the most favorable conditions of edapho- and climatopes for *V. myrtillus* are formed in sphagnum phytocoenoses. The least favorable conditions were noted in bilberry pine and bilberry-pleurocarpous moss pine-spruce forest types.

The study of hemeroby showed that oligo-mesohemerob species (highly sensitive to anthropogenic factors) prevail in all *V. myrtillus* coenopopulations, i.e. 41%. A-hemerob, a-euhemerob and polyhemerob species were not noted in any of the studied CPs (See Table 3 and Fig. 3). This proves that the species is of low resistance to anthropogenic influence and can survive moderate intensity human impact. The studied plant communities with *V. myrtillus* are low-hemerobic.

The paper contains 3 Figures, 3 Tables and 46 References.

Key words: bilberry; coenopopulation; ecologic valence; phytoindication; discomfort index; hemeroby.

The Authors declare no conflict of interest.

References

1. Ritchie JC. Biological flora of the British Isles: *Vaccinium myrtillus* L. *J Ecology*. 1956;42(1):291-299.
2. Hulten E, Fries M. Atlas of North European Vascular Plants, North of the Tropic of Cancer. Konigstein: Koeltz Botanical Books Publ.; 1986. 1172 p.
3. *Atlas arealov i resursov lekarstvennykh rasteniy SSSR* [Atlas of ranges and resources of medicinal plants in the USSR]. Chikov PS, editor. Moscow: Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii Publ.; 1976. 340 p. In Russian
4. Shabarova SI. Tsenoticheskie osobennosti cherniki i ee rol' v povyshenii ustoychivosti sosnyakov Poles'ya USSR [Coenotic peculiarities of bilberry and its role in improving the stability of pine forests of Polesye, USSR]. In: *Dikorastushchie yagodnye rasteniya SSSR: Tezisy dokladov na Vsesoyuznom soveshchani* [Proceedings. Wild growing berries of the USSR]. Petrozavodsk: Karel'skiy filial AN SSSR Publ.; 1980. pp. 155-156. In Russian
5. Shubin VI. Makromitsety lesnykh fitotsenozov taezhnoy zony i ikh ispol'zovanie [Macromycetes of forest communities of the taiga zone and their use]. Leningrad: Nauka Publ.; 1990. 197 p. In Russian
6. Mallik AU, Pellissier F. Effects of *Vaccinium myrtillus* on spruce regeneration: testing the notion of coevolutionary significance of allelopathy. *J Chemical Ecology*. 2000;26:2197-2209.

7. Karczewski J. Znaszenie borowki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.) dla entomocenozy lesnej. *Folia Foreestalia Polonic*. Ser. A, Z. 9. 1962:172-195. In Polish
8. Nestby R, Percival D, Martinussen I, Opstad N, Rohloff J. The European Blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and the potential for cultivation. A Review. *The European J Plant Science and Biotechnology*. 2011;5(1):5-16
9. Nechaev VA, Nechaev AA. Wild berry plants and berry eating birds in the taiga zone of the Russian Far East]. *Contemp Prob Ecol*. 2012;1:97-106. doi: [10.1134/S1995425512010092](https://doi.org/10.1134/S1995425512010092)
10. Egoshina TL, Egorova NYu, Luginina EA, Obotnin SI, Yaroslavtsev AV, Gudovskikh Yu. Kislitsina AV, Kapustina NV, Suleimanova VN. Importance of wild-growing berries in the delivery of hunting animals. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2017;19(2-2):255-260. In Russian
11. *Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR: Vyp. 2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e* [State pharmacopoeia of the USSR: Iss. 2. Common analysis methods. Medicinal plant raw material]. Mashkovskiy MD, editor-in-chief. Moscow: Meditsina Publ.; 1990. 400 p. In Russian
12. *Gosudarstvennyy reestr lekarstvennykh sredstv* [State registry of medicinal substances]. Vol. 1. Moscow: Meditsinskiy sovet Publ.; 2009. 1359 p. In Russian
13. *European Pharmacopoeia*. 6th ed. Rockville: United States Pharmacopoeial Convention. Inc.; 2008. pp. 738-739.
14. Burdulis D, Ivanauskas L, Dirse V, Kazlauskas S, Razukas A. Study of diversity of anthocyanin composition in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) fruits. *Meedicina (Kaunas)*. 2007;43(12):971-979.
15. Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: emerging impact on cardiovascular health. *Nutrition Reviews*. 2010;14(3):168-177. doi: [10.1111/j.1753-4887.2010.00273](https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00273)
16. Ryazanova TK, Kurkin VA. New approaches to complex use of fruits and shoots of bilberry ordinary. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012;14(5-3):754-757. In Russian
17. Habanova M, Haban M, Kobidova R, Schwarzova J. Analysis of biologically active substances in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in selected natural localities of Slovak republic. *J Central European Agriculture*. 2013;68(3):1210-1219. doi: [10.5513/JCEA01/14.3.1328](https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.3.1328)
18. Kunz S. Uptake and bioavailability of antocyanins and phenolic acids from grape/blueberry juice and smoothie *in vitro* and *in vivo*. *British J Nutrition*. 2015;113(7):1044-1055. doi: [10.1017/S0007114515000161](https://doi.org/10.1017/S0007114515000161)
19. Rohloff J, Uleberg E, Nes A, Krogstad T, Nestby R, Martinussen I. Nutritional composition of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) of forest fields in Norway-Effects of geographic origin, fertilization and soil properties. *J Applied Botany and Food Quality*. 2015;88:274-287. doi: [10.5073/JABFQ.2015.088/040](https://doi.org/10.5073/JABFQ.2015.088/040)
20. Riihinen K, Jaakola L, Kärenlampi S, Hohtola A. Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and northblue blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*). *Food Chemistry*. 2008;110:156-160. doi: [10.1016/j.foodchem.2008.01.057](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.057)
21. Egoshina TL. Nedrevesnye rastitel'nye resursy i ikh znachenie dlya naseleniya Rossii [Non-wood plant resources and their role for Russian population]. In: *Pishchevye resursy dikoy prirody i ekologicheskaya bezopasnost' naseleniya: materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Proceedings of Int. Conf. Food resources and ecological safety of the population (Kirov, Russia, 14-18 November, 2014)]. Kirov: VNIIOZ them. prof. B.M. Zhitkova Publ.; 2004. pp. 14-16. In Russian
22. Egoshina TL, Luginina EA, Egorova NYu, Gudovskikh YuV, Kislitsyna AV, Obotnin SI. Dinamika biologicheskogo zapasa plodov cherniki v Rossii v 2000-2015 [Dynamics of bilberry biological stock in Russia in 2000-2015]. In: *Sovremennye problemy*

- prirodopol'zovaniya, okhotovedeniya i zverovodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings Int. Sci. and Prac. Conf. Recent Problems of Nature Use, Game Biology and Fur Farming (Kirov, Russia, 22-25 May, 2017)]. Kirov: VNIIOZ them. prof. B.M. Zhitkova Publ.; 2017. pp. 489-492. In Russian
23. Egoshina TL, Kolupaeva KG, Raus LK. Analiz osobennostey plodonosheniya i resursov *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) v Kirovskoy oblasti (1961–2004) [Analysis of *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) fructification and resources in Kirov region (1961-2004)]. *Rastitel'nye resursy*. 2006;42(1):57-66. In Russian
 24. Maznaya EA, Lyanguzova IV. Ekologo-populyatsionnyy monitoring yagodnykh kustarnichkov pri aerotekhnogennom zagryaznenii [Ecological and population monitoring of aero-technogenic pollution of berry shrubs]. St. Petersburg: VVM Publ.; 2010. 195 p.
 25. Petrov NV. Comparative estimation of the *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* (Ericaceae) berries stock in primary and secondary forests in middle taiga landscapes of Karelia. *Rastitel'nye resursy*. 2019;55(1):23-35. doi: 10.1134/S0033994619010102
 26. Balandina TP, Vakhrameeva MG. Chernika obyknovennaya [Common bilberry]. *Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti* [Biological flora of Moscow region]. 1980;5:132-146. In Russian
 27. Timoshok EE. The ecology of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) in Western Siberia. *Russ J Ecology*. 2000;31(1):8-13. doi: 10.1007/BF02799719
 28. Polyanskaya TA. Ecological peculiarities, ontogenetic structure and productivity of *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) coenopopulations in National Park "Mary Chodra" (Mary-El Republic). *Rastitel'nye resursy*. 2008;44(2):40-49. In Russian, English Summary
 29. Egorova NYu, Suleimanova VN, Egoshina TL. Ekologicheskie predpochteniya nekotorykh dominantov travyano-kustarnichkovogo yarusa taezhnykh fitotsenozov [Ecological preferences of some dominants of the herbaceous-shrub layer in the taiga plant communities]. In: *Sokhranenie lesnykh ekosistem: problemy i puti ikh resheniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of Russ. Conf. Preservation of forest communities; problems and solutions (Kirov, Russia, 25-29 May, 2017)]. Kirov: Raduga-PRESS; 2017. pp 218-221. In Russian
 30. Coudun C, Gégout J-C. Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors. *J Vegetation Science*. 2007;18:517-524.
 31. Nestby R, Hykkerud AL, Martinussen I. Review of botanical characterization, growth preferences, climatic adaptation and human health effects of Ericaceae and Empetraceae wild dwarf shrub berries in boreal, alpine and arctic areas. *J Berry Research*. 2019;9: 515-547. doi: 10.3233/JBR-190390
 32. *Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Methods for studying forest communities]. Yarmishko VT and Lyanguzova IV, editors. St. Petersburg: NII Khimii SPbGU Publ.; 2002. 240 p. In Russian
 33. *The Plant List* (TPL). A working list of all known plant species. Available at: <http://www.theplantlist.org/> (accessed: 15.06.2020).
 34. Tsyganov DN. Fitoindikatsiya rezhimov v podzone khvoyno-shirokolistvennykh lesov [Phytoindication of the regimes in the sub zone of coniferous-broad-leaved forests]. Moscow: Nauka Publ.; 1983. 198 p. In Russian
 35. Zubkova EV, Khanina LG, Grokhlina TI, Dorogova YuA. Komp'yuternaya obrabotka geobotanicheskikh opisaniy po ekologicheskim shkalam s pomoshch'yu programmy EcoScaleWin: uchebnoe posobie [Computer processing of geobotanic descriptions with EcoScaleWin software]. Yoshkar-Ola: MarGU Publ.; 2008. 96 p. In Russian
 36. Zhukova LA, Dorogova YuA, Turmikhmetova NV, Gavrilova MN, Polyanskaya TA. Ekologicheskie shkaly i metody analiza ekologicheskogo raznoobraziya rasteniy

- [Ecological scales and methods of analysis of plant ecological diversity]. Yoshkar-Ola: Mariyskiy gosudarstvennyy universitet Publ.; 2010. 368 p. In Russian
37. Klimentko GO. Osoblivosti ekologichnikh umov u mistsezrostannyakh ridkisnikh vidiv roslin [Peculiarities of ecological states of rare plant species]. In: *Roslinniy svit u Chervoniy knizi Ukraïni: vprovadzhennya global'noi strategii zberezhennya roslin: II Mizhnarodna naukova konferentsiya* [Proceedings. Plant world in the Red List of Ukraine: Introduction of global strategy of plant conservation]. Uman: 2012. pp. 107-110. In Ukrainian
 38. Frank D, Klotz S. Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. Halle; Wittenberg: Martin-Luter-Universität Publ.; 1990. 167 p. In German
 39. Ishbirdina LM, Ishbirdin AR. Urbanizatsiya kak faktor antropogennoy evolyutsii flory i rastitel'nosti [Urbanization as a factor of anthropogenic evolution of flora and vegetation]. *Zhurnal obshchey biologii = Biology Bulletin Review*. 1992;53(2):211-224. In Russian
 40. Jakoviak B. Atlas roslin naczyniowych w Poznaniu [Atlas of vascular plants of Poznan]. Poznan: Uniwersytet im. Adama Mickiewicza Publ.; 1993. 409 p. In Polish
 41. Ishmuratova MM, Ishbirdin AR, Suyundukov IV. Use of indicators of gemeroby for evaluation fragility of some species orchids of South Ural and stability of the plant census. *Biologicheskij vestnik*. 2003;7(1-2):33-35. In Russian
 42. Arinushkina EV. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual on soil chemical analysis]. Moscow: Moscow University Press; 1970. 487 p.] In Russian
 43. Klassifikatsiya i diagnostika pochv v Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Shishoff LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimov MI, editors. Smolensk: Ojkumena Publishing House; 2004. 342 p. In Russian
 44. Egorova NYu. Osobennosti ekologicheskikh predpochteniy yagodnykh rasteniy sem. Vacciniaceae Lindl. v lesnykh fitotsenozakh yuzhnoy taygi [Peculiarities of ecological preferences of fam. Vacciniaceae Lindl. berry plants in forest communities of the southern taiga]. In: *Boreal'nye lesa: sostoyanie, dinamika, ekosistemnye uslugi: tezisy dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Proceedings of Russ. Sci. Conf. Boreal forests: state, dynamics, ecosystem services (Petrozavodsk, Russia, 11-15 September, 2017)]. Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN Publ.; 2017. pp. 102-104. In Russian
 45. Chirkova NYu. Otsenka ustoychivosti soobshchestv s *Vaccinium vitis-idaea* L. k antropogennym faktoram [Estimation of the stability of plant communities with *Vaccinium vitis-idaea* L.]. In: *Lesnye biologicheski aktivnye resursy: Materialy tret'ey mezhdunarodnoy konferentsii* [Proceedings 3rd. Int. Conf. Forest biologically active resources (Khabarovsk, Russia, 25-27 September, 2007)]. Khabarovsk: Far East Forestry Research Institute Publ.; 2007. pp. 116-118. In Russian
 46. Suleimanova VN, Egorova NYu. Predely ustoychivosti k antropogennomu vozdeystviyu vidov edifikatorov travyano-kustarnichkovogo yarusa lesnykh ekosistem [Limits of the resistance of herbaceous-shrub layer edipicator species to human impact in forest communities]. In: *Ustoychivoe razvitie territoriy: teoriya i praktika: materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proceedings of IX Russ. Conf. Sustainable development of the territories: theory and practice (Sibai, Russia, 24-26 May, 2018)]. Sibai: Sibayskiy informatsionnyy tsentr; 2018. pp. 267-269. In Russian

Received March 26, 2019; Revised January 27, 2020 and July 27, 2020;

Accepted February 21, 2021; Published March 31, 2021.

Author Info:

Egorova Natalya Yu, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Department of Plant Ecology and Resources, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, 79 Preobrazhenskaya Str., Kirov 610000, Russian Federation.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5891-4580>

E-mail: n_chirkova@mail.ru

Egoshina Tatiana L, Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Plant Ecology and Resources, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, 79 Preobrazhenskaya Str., Kirov 610000, Russian Federation.

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4663-2332>

E-mail: etl@inbox.ru

Yaroslavtsev Artem V, Researcher, Department of Plant Ecology and Resources, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, 79 Preobrazhenskaya Str., Kirov 610000, Russian Federation.

E-mail: mr.artemya@gmail.com